

国際科学技術共同研究推進事業
地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究領域「低炭素社会の実現とエネルギーの高効率利用に関する研究」

研究課題名「脱炭素社会に向けた炭酸塩化を利用したカーボンリサイ
クルシステムの開発」

採択年度：令和2年（2020年）度/研究期間：5年/

相手国名：南アフリカ共和国

令和5（2023）年度実施報告書

国際共同研究期間^{*1}

2022年1月27日から2027年1月26日まで

JST側研究期間^{*2}

2020年8月1日から2026年3月31日まで

（正式契約移行日 2021年11月1日）

*1 R/Dに基づいた協力期間（JICAナレッジサイト等参照）

*2 開始日=暫定契約開始日、終了日=JSTとの正式契約に定めた年度末

研究代表者：飯塚 淳

東北大学大学院環境科学研究科・教授

I. 国際共同研究の内容 (公開)

1. 当初の研究計画に対する進捗状況

(1) 研究の主なスケジュール

研究題目・活動	2020年度 (8ヶ月)	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度 (12ヶ月)
1. 廃コンクリート等の直接炭酸化 (MCC&U1) 技術開発 1-1 廃コンクリート発生場所の調査と収集・運搬方法に関する検討 1-2 廃コンクリートの物理化学的性状の分析 1-3 炭酸化条件の影響の把握 1-4 副産物の再利用先の確立 1-5 全体の炭酸塩化反応の理論的な解析 1-6 GHG削減量の試算とLCA評価 1-7 評価と技術展開・ビジネスプランに向けた課題抽出		←→	←→	←→	←→	←→
2. コンクリートスラッジ等の間接炭酸塩化技術 (MCC&U2) のパイロットプラントの運転 2-1 コンクリートスラッジの収集システムの確立とLCA評価 2-2 パイロットプラントの導入 (1 m ³ -size reactor) 2-3 パイロットプラントの運転 (最適条件検討・副産物に関する検討) 2-4 評価と技術展開・ビジネスプランに向けた課題抽出		←→	←→	←→	←→	←→
3. バイポーラ膜電気透析による炭酸塩化技術 (MCC&U3) の開発 3-1 利用可能なスラグやフライアッシュ等の物理化学的性状の分析 3-2 廃棄物からのCa/Mg抽出条件の最適化 3-3 副産物の分析と再利用先の確立 3-4 炭酸塩析出条件の最適化 3-5 バイポーラ膜電気透析による酸・アルカリの再生条件の最適化 3-6 全体の炭酸塩化反応の理論的な解析 3-7 パイロットプラント導入のための評価	←→	←→	←→	←→	←→	←→

4. 社会実装に向けた検討 4-1 MCC&U1技術（廃コンクリート等）の実装のためのCO ₂ /資源循環ループと資金支援に関する検討 4-2 MCC&U2技術（コンクリートスラッジ等）の実装のためのCO ₂ /資源循環ループと資金支援に関する検討 4-3 MCC&U3技術（その他の廃棄物）の実装に向けた官民合同技術ワークショップの開催 4-4 MCC&U技術を用いたCO ₂ 排出量削減の算出方法に関するワークショップの開催				←		→	
			←			→	
					←		→
		←					→

(2) プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)

項目 2 に関する期間の変更は、コロナ禍の影響、世界的な部品不足等によるプラント供与の遅れ等によるもので、研究の期間を十分に確保するために延長した。尚、全体計画への影響はない。

2. 計画の実施状況と目標の達成状況 (公開)

(1) プロジェクト全体

本プロジェクトは 2021 年 11 月 1 日に正式化し、日本側の研究機関での研究活動が正式にスタートした。一方、JICA の相手国でのプロジェクト開始は、当初想定より数か月遅れ、2022 年 1 月 27 日からとなった。相手国には 2022 年 2 月上旬から JICA の業務調整員が着任し、本プロジェクトの遂行のためのサポートを行っている。プロジェクト当初は、新型コロナウイルスの影響によって、研究者が渡航をしての直接の人的交流は行えなかったが、2022 年 7 月の相手国への渡航を皮切りに、両国の研究者の交流を活発化させている。2022 年 9 月には相手国研究者の来日を実現した。また、2023 年 2 月には相手国の若手研究者・学生計 3 名の来日研修が行われた。また、相手国への機器供与についても、相手国研究代表機関のケープペニンシュラ工科大学 (CPUT) での設置と操作トレーニングが、パイロットプラントも含めて、2023 年 11 月にほぼ終了した。これにより、相手国でも関連する研究、分析が迅速に行える体制が構築できた。日本側研究者も 2023 年度の 4 回の渡航を含め、計 6 回の渡航を行い、相手国研究者、学生と共に実験、議論、分析することで相手国での研究の加速を行った。2023 年 2 月に来日した CPUT の学生 1 名は、2023 年 10 月から東北大学の博士後期課程に入学し、日本での研究を開始している。また、2024 年 10 月からも 1 名が博士後期課程に入学予定となっており、若手人材の交流、育成が加速している。

両国間での渡航以外にも、定期的にオンラインやメールでの打ち合わせを実施している。また、機器供与が進んだ 2023 年 7 月以降、毎月 1 度、定期的に研究の進捗打ち合わせを両国間で実施している。

現在までにはこれまでの計画やねらい、本プロジェクトの位置づけ等について、大きな変更は特に生じていない。個別の研究題目についての進捗と達成状況は以下にまとめた。

(2) 各研究題目

(2-1) 研究題目 1 : 「廃コンクリート等の直接炭酸化 (MCC&U1) 技術開発」

① 研究題目 1 の当初計画 (全体計画) に対する実施状況 (カウンターパートへの技術移転状況含む)

計画通りに進捗している。2021 年度末までには、相手国における廃コンクリートの発生状況の文献 (建設廃棄物の発生動向の予測に関するレポート等) による予備的な調査を進めた。また、相手国研究者と共にコンクリート副産物の発生のある相手国企業担当者とオンラインでの打合せを持ち、情報の収集を行った。反応装置及び付属装置類については、順次相手国研究機関に送付した。国内の塩基性副産物試料を対象とした直接炭酸化試験を開始した。2022 年度には、研究項目 1-1~1-6 までの内容を進めた。相手国研究者を中心に、現地でのコンクリート廃棄物の発生状況の詳細調査を進めた。具体的には、廃コンクリートを処理している再生骨材業者を訪問し、情報収集と複数のサンプルの入手を行った。また、別の処理会社からも複数のサンプルの入手を行った。詳細調査のためのサポートとして日本側研究者が行った台湾での同様の調査論文を共有した。2 回の相手国への渡航と 2 回の来日を通して、相手国の研究者および学生への指導を実施した。相手国内で得られたサンプルを対象に、組成等の分析と直接炭酸化試験の実施が相手国で進んでいる。相手国での詳細調査の結果は、国際会議 (Climate Week 2023, 2023 年 10 月) にて相手国研究者から発表がなされた。また、調査や実験によって得られた成果 3 件について、2024 年に行われる国際会議 (WasteEng2024, 2024 年 8 月) での発表が予定されている。

日本国内でも、日本の脱リンスラグを用いた直接炭酸化の実験を各種条件下で行った。日本国内での実験結果については、得られた成果を学術論文 (Ho et al., 2022 in *Environmental Technology & Innovation*) として出版することができた。また、国際会議 (ICGEA2023) での発表も行い、Best Presentation Award を受賞した。更に、日本の高炉スラグを用いた直接炭酸化の実験も進め、学術論文として投稿中である。

② 研究題目 1 の当該年度の目標の達成状況と成果

前項にまとめたように、計画通りに進捗している。特に 2023 年度には、相手国での研究活動や成果の公表が加速している。

③ 研究題目 1 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

プロジェクト開始当初には世界的な半導体不足の影響で、実験に必要な一部物品の調達に遅れがあったが、現在は問題とはなっていない。

④ 研究題目 1 の研究のねらい (参考)

廃コンクリートを主要な対象とした直接炭酸化技術について、技術の評価と社会実装に向けた課題抽出を行うこと。

⑤ 研究題目 1 の研究実施方法 (参考)

廃コンクリート発生場所の調査と収集・運搬方法に関する検討、実際の廃コンクリート試料の分析、炭酸化試験を行う。結果に基づき、理論的解析や LCA 分析を行う。

(2-2) 研究題目 2 : 「コンクリートスラッジ等の間接炭酸塩化技術 (MCC&U2) のパイロットプラントの運

転」

① 研究題目 2 の当初計画（全体計画）に対する実施状況（カウンターパートへの技術移転状況含む）

現在のところ計画通りに進捗している。プロジェクトの開始当初は、新型コロナウイルスの影響で相手国への渡航が困難な状況が続いたため、国内の生コンクリート工場を訪問し、時間の経過によって固化する生コンクリート廃棄物の発生状況、試料採取の方法、試料の運搬時の取り扱い等について検討を進めた。また、パイロットプラントの導入に向けたプラント設計や運用方法に関わる協議を進めた。相手国側の関係機関とはプラントの設置場所やセキュリティー対策、電圧や電源容量等についての協議を行った。世界的な部品不足の影響もあり、パイロットプラントの製造には若干の遅れが生じたが、2023年の2月には日本国内のプラントの製作工場、南アフリカの若手研究者・学生も含めた試運転と操作マニュアル作成を行った。完成したプラントは船便で輸送され、同年11月には、相手国の代表研究機関（CPUT）のキャンパス内にパイロットプラントが設置され、稼働できる状況となった。日本側のプラントメーカーの技術者と研究者の立ち会いの下、相手国研究者と学生の指導を行い、運転技術の習得を十分に行うことができた。日本側研究者も立ち会いの下、実際の生コンクリートから調整したコンクリートスラッジを原料とした炭酸化試験を実施し、関係者に炭酸カルシウムが生成される様子を示すことができた。また、日本側では、生コンクリート工場で実際の試料を用いた炭酸化実験（1 m³規模）を繰り返し行い、プラント運転に関するノウハウの蓄積も行った。パイロットプラントでのデモンストレーション試験を行う予定の相手国の民間企業とも協議を進めた。今後は、まずCPUT内での運転を行い、その後、協力体制にある民間企業に移設して現地の原料を用いた運転を行う予定である。

② 研究題目 2 の当該年度の目標の達成状況と成果

前項にまとめたように、パイロットプラントの製造に遅れはあったものの計画通りに進捗している。特に2023年度には、パイロットプラントの相手国での据付と運転の指導、相手国での実験が進んでおり、研究活動が活発に行われている。

③ 研究題目 2 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

世界的な半導体や部品不足の影響で、プラントの製造に若干の遅れがあった。また、CPUTの敷地内でのパイロットプラントの設置場所の整備にも遅れが生じたが、その後、整備は完了し、プラントを設置することができた。

④ 研究題目 2 の研究のねらい（参考）

コンクリートスラッジを対象とした間接炭酸化技術の実証のためのパイロットプラントを導入し、実際の副産物を利用した実証試験を行い、技術の評価と社会実装に向けた課題抽出を行うこと。

⑤ 研究題目 2 の研究実施方法（参考）

移動可能なパイロットプラントを製造し、実際の副産物の発生箇所において実証実験を行う。

(2-3)研究題目 3：「バイポーラ膜電気透析による炭酸塩化技術（MCC&U3）の開発」

① 研究題目 3 の当初計画（全体計画）に対する実施状況（カウンターパートへの技術移転状況含む）

【令和5年／2023度実施報告書】【240531】

む)

計画通りに進捗している。相手国と日本国内で複数のスラグやフライアッシュ試料を入手し、その物理化学的性状の分析を進めた。また、日本国内でも脱リンスラグ中のカルシウムの各種条件下での酸抽出の試験を進めた。バイポーラ膜電気透析装置が日本で2022年度に導入されたため、その装置を活用し、相手国指導のためのマニュアル作成を行った。また、2022年9月と2023年2月の相手国研究者の訪問時には実験内容と装置の操作について同装置と作成したマニュアルを用いて指導を行った。バイポーラ膜電気透析装置は相手国にも2023年4月に導入されており、今後は相手国での研究活動が活発化することが期待される。相手国側では、高炉スラグ試料を用いた酸抽出の基礎試験が進んでおり、得られた成果1件が2024年に行われる国際会議(WasteEng2024, 2024年8月)で発表予定である。

また、日本国内で入手したフライアッシュ(石炭飛灰)に関する成果は、相手国研究者と共著の学術論文(Ho et al., 2022 in *Journal of Environmental Chemical Engineering*)として公表することができた。

② 研究題目3の当該年度の目標の達成状況と成果

前項にまとめたように、計画通りに進捗している。研究題目3においても、相手国での研究活動や成果の取りまとめと公表が順調に進んでいる。

③ 研究題目3の当初計画では想定されていなかった新たな展開

該当無し。

④ 研究題目3の研究のねらい(参考)

バイポーラ膜を利用した電気透析技術による比較的不活性な塩基性廃棄物を対象とした間接炭酸化技術について、技術の評価と課題抽出を行うこと。

⑤ 研究題目3の研究実施方法(参考)

各種の塩基性廃棄物を収集し、炭酸化実験を行う。使用する酸・塩基の組み合わせを想定し、酸によるカルシウム等の抽出試験を行う。また、電気透析による塩溶液の再生実験を行う。結果に基づき、理論的解析や評価を行う。

(2-4) 研究題目4:「社会実装に向けた検討」

① 研究題目4の当初計画(全体計画)に対する実施状況(カウンターパートへの技術移転状況含む)

現在のところ計画通りに進捗している。本プロジェクトでは、社会実装を意識し、計画段階より、相手国の民間企業にプロジェクトへの協力を取り付けており、それぞれの工場内で発生している原料を用いた基礎試験やパイロット試験を行うこととしている。MCC&U技術を用いたCO₂排出削減量の算出方法について、2021年度に出版した学術論文(Izumi et al., *J. Clean. Prod.*, **312**, 127618, 2021)の内容を元に更に詳細な検討を進めると共に、相手国関係機関(CCSA=現地セメント・コンクリート協会、DFFE=環境省等)との情報共有を進めている。また、相手国のセメント産業関係者を主対象とした算出方法論に関するオンラインワークショップを2023年9月に開催することができた。ワークショップは今後も開催を行う予定である。また、2022年度には、この算出方法論について国際会議(Adv. Chem. 2023)での発表と聴講者との議論を行った。

【令和5年/2023年度実施報告書】【240531】

2023 年度には、算出方法論において重要となる炭酸塩鉱物化技術で得られた炭酸カルシウムのセメントマトリクス中での安定性について、日本での実験結果を取りまとめ、学術論文として投稿した (Ho et al., *Environ. Technol. Innov.*, 2023 年 3 月 accept)。

MCC&U2 技術については、相手国の民間企業でのデモンストレーション試験を予定しており、そのための調整や議論が社会実装に向けた検討にも強く関係している。

② 研究題目 4 の当該年度の目標の達成状況と成果

計画通りに進捗している。MCC&U 技術を用いた CO₂ 排出削減量算出方法についてワークショップ等を通じて、相手国関係機関と内容の共有を進めることができた。また、炭酸塩鉱物化技術で得られた炭酸カルシウムのセメントマトリクス中での安定性について成果をまとめることができた。

③ 研究題目 4 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

協力関係にあった相手国の企業でオーナーの変更等があり、新しく協力関係を構築することが必要となっている。また、社会実装に関する活動の推進のために、今後、関係機関にアドバイス業務等の委託を行うことも模索中である。

④ 研究題目 4 の研究のねらい (参考)

対象や開発段階の異なる各種の MCC&U 技術について、それぞれのフェーズに合わせた社会実装を目指した検討を進めること。

⑤ 研究題目 4 の研究実施方法 (参考)

それぞれの MCC&U 技術に関する評価と抽出した課題に基づき、炭素/資源リサイクルループの検討や資金支援に関する検討及び関係者を集めたワークショップを行う。

II. 今後のプロジェクトの進め方、およびプロジェクト/上位目標達成の見通し (公開)

新型コロナウイルスや世界的な半導体や部品の不足の影響が長期化しており、物品の調達等が引き続き長期化している。物品の調達を計画的に前倒して行う等、留意が必要と考えている。全体計画が遅滞しないように工夫を行い、研究を推進することが必要と考える。

また、協力関係にあった相手国のいくつかの企業でオーナーの変更等があり、プロジェクトへの協力関係を再度構築することが必要となっている。そのための調整を継続する。

引き続き、世界的に CO₂ の排出量削減の目標値の押上げが加速しており、社会における認識も変容が加速している。本プロジェクトで取り扱う炭酸塩鉱物化技術は、CO₂ フリーの水素を必要とせず、また得られる炭酸塩の市場規模も比較的大きいことから、早期の社会実装が期待される技術である。その意味で本プロジェクトの社会的なインパクトや成果への期待はより大きくなると考えられる。本プロジェクトにおける研究の推進も可能な限り加速して行っていきたい。

III. 国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など (公開)

新型コロナウイルスや半導体・部品の不足の影響はあったものの、現在のところプロジェクトは計画通りに進行している。日本側研究機関では、2021年11月にプロジェクトが正式スタートとなり、研究活動が開始している。一方、JICAの相手国でのプロジェクト開始は、当初想定より遅れて2022年1月27日からとなった。2023年度には供与機器の大部分が相手国研究機関に納品され、操作トレーニングを終了することができた。プロジェクト開始当初は相手国でのプロジェクト参加者（特に学生）が少なく、問題であったが、特に2023年度より参加者が増加しており、相手国での研究活動が活発化している。

プロジェクトが取り扱う炭酸塩鉱物化技術は世界的に注目されている分野であり、国内外で研究プロジェクトが開始している。社会実装に向けた取り組みのみならず、学術的な成果も遅滞することなく挙げていく必要がある。

IV. 社会実装に向けた取り組み（研究成果の社会還元）（公開）

本プロジェクトでは、相手国の科学イノベーション省（DSI）担当者が、プロジェクトダイレクターに就任しており、プロジェクトの状況が共有されている。また、相手国の関連各社ともコンタクトを継続しており、プロジェクト内でパイロットプラントを用いたデモンストレーション試験を進める計画となっている。MCC&U技術に関するCO₂排出量削減量の算出方法については、2021年度に出版した学術論文の内容を関連協会に共有しており、今後、相手国政府にも働きかけを行っていく予定となっている。

V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

- 2024年3月13日は、CPUTにおいて供与機器のHandover ceremonyが開催され、南ア側の関係機関からの謝意と期待が表された。

以上

VI. 成果発表等

(1) 論文発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 原著論文(相手国側研究チームとの共著)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2022	Hsing-Jung Ho, Atsushi Iizuka, Etsuro Shibata, and Tunde Ojumu, Circular Indirect Carbonation of Coal Fly Ash for Carbon Dioxide Capture and Utilization, Journal of Environmental Chemical Engineering, 10(5), 108269, 2022.	10.1016/j.jece.2022.108269	国際誌	発表済	掲載誌のIFは7.968, CiteScoreは7.7の分野トップレベルジャーナル。

論文数 1 件
 うち国内誌 0 件
 うち国際誌 1 件
 公開すべきでない論文 0 件

② 原著論文(上記①以外)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2021	Yoshito Izumi, Atsushi Iizuka, and Hsing-Jung Ho, Calculation of Greenhouse Gas Emissions for a Carbon Recycling System using Mineral Carbon Capture and Utilization Technology in the Cement Industry, Journal of Cleaner Production, 2021, 312, article no.127618.	10.1016/j.jclepro.2021.127618	国際誌	発表済	掲載誌のIFは9.297, CiteScoreは13.1の分野トップレベルジャーナル。 Top3%の引用, FWCIは5.44 (Scopusで2023年9月27日時点)
2022	Hsing-Jung Ho, Atsushi Iizuka, and Hironari Kubo, Direct Aqueous Carbonation of Dephosphorization Slag Under Mild Conditions for CO2 Sequestration and Utilization: Exploration of New Dephosphorization Slag Utilization, Environmental Technology & Innovation, 28, 102905, 2022.	10.1016/j.eti.2022.102905	国際誌	発表済	掲載誌のIFは7.758, CiteScoreは5.7の分野トップレベルジャーナル。

論文数 2 件
 うち国内誌 0 件
 うち国際誌 2 件
 公開すべきでない論文 0 件

③その他の著作物(相手国側研究チームとの共著)(総説、書籍など)

年度	著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年		出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
2023	飯塚 淳, 南アフリカ共和国における炭酸塩鉱物化技術の研究開発, 廃棄物資源循環学会誌, 34, 6, 428-431, 2023		解説記事	発表済	
2023	飯塚 淳, カーボンリサイクルによる炭酸塩の製造(Production of Carbonates by Carbon Recycling), 粉体工学会誌, 解説SDGsシリーズ, Vol.61, No.1, 2024, p.17-20		解説記事	発表済	

著作物数 2 件
公開すべきでない著作物 0 件

④その他の著作物(上記③以外)(総説、書籍など)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ-おわりのページ		出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項

著作物数 0 件
公開すべきでない著作物 0 件

⑤研修コースや開発されたマニュアル等

年度	研修コース概要(コース目的、対象、参加資格等)、研修実施数と修了者数	開発したテキスト・マニュアル類	特記事項

VI. 成果発表等

(2) 学会発表【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 学会発表(相手国側研究チームと連名)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2023	国際学会	Viswanath Ravi Kumar Vadapalli, Sisanda Gcasamba, Koena Ramasenya, Henk Coetzee, Tunde Ojumu, Jochen Petersen, Atsushi Iizuka, and Hsing-Jung Ho, Mineral carbonation using construction and demolition waste to reduce carbon dioxide emissions with a focus on South Africa-A Literature Review, The World Conference on Climate Change & Sustainability (Climate Week 2023), Rome, Italy, 2023/10/16-18	口頭発表

招待講演 0 件
口頭発表 1 件
ポスター発表 0 件

② 学会発表(上記①以外)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2022	国際学会	Hsing-Jung Ho (Tohoku University), Atsushi Iizuka (Tohoku University), Etsuro Shibata (Tohoku University) and Tunde Ojumu (Cape Peninsula University of Technology), Circular indirect carbonation of alkaline waste for CO2 sequestration and utilization, EARTH 2022 - THE 16TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON EAST ASIAN RESOURCES RECYCLING TECHNOLOGY, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan (ハイブリッド), 2022/10/31-11/1, 10/31発表	口頭発表
2022	国際学会	Hsing-Jung Ho (Tohoku University), Atsushi Iizuka (Tohoku University), and Hironari Kubo (Fukuoka Institute of Technology), Direct aqueous carbonation of dephosphorization slag with low energy input for CO2 sequestration and utilization, 2023 The 7th International Conference on Green Energy and Applications (ICGEA2023), Nanyang Technological University, Singapore, 2023/3/10-12, 3/11発表	口頭発表
2022	国際学会	Yoshito Izumi (SD Innovations), Atsushi Iizuka (Tohoku University), and Hsing-Jung Ho (Tohoku University), Consideration of Net-Zero Concrete toward a Carbon Recycling Society by a Mineral Carbonation using Alkali Wastes, The 4th Edition of Advanced Chemistry World Congress (Adv. Chem. 2023), Hesperia Barcelona Del Mar, Barcelona, Spain, 2023/3/27-28, 3/27発表	口頭発表
2023	国内学会	飯塚 淳, 炭酸塩鉱物化による二酸化炭素の有効利用・固定化, 2023 (令和5) 年度 資源・素材学会 東北支部 春季大会, 東北大学片平さくらホール, 2023年6月8日	招待講演
2023	国内学会	飯塚 淳, 炭酸塩鉱物化技術による塩基性副産物からの炭酸カルシウムの製造 (Calcium carbonate production from alkaline by-products using mineral carbonation technique), [1701-05-03], 資源・素材 2023 (松山), 愛媛大学 城北キャンパス, 2023/9/12-14, 9/12発表	招待講演
2023	国内学会	飯塚 淳, 環境化学工学をベースとした資源循環・環境浄化技術の開発 (Development of resource circulation and environmental purification techniques based on environmental chemical engineering), [2401-08-01], 資源・素材 2023 (松山), 愛媛大学 城北キャンパス, 2023/9/12-14, 9/13発表	招待講演
2023	国内学会	松谷 尚音, Hsing-Jung Ho, 飯塚 淳, 久保 裕也, 循環炭酸化処理による製鋼スラグからの石灰回収 (Lime recovery from steelmaking slag by circular carbonation process), 日本鉄鋼協会 2023年秋季(第186回)講演大会, 富山大学 五福キャンパス, 2023/9/20-22, 9/21発表(学生ポスターセッション, PS-37)	ポスター発表
2023	国際学会	Hsing-Jung Ho, Japan - Taiwan 2023 Next Generation Young Talent Science and Technology Workshop - Future Emerging Technology and Talent, 東京エレクトロン本社, 東京, 2023/9/29	口頭発表
2023	国内学会	飯塚 淳, 「南アフリカにおける炭酸塩鉱物化を利用したカーボンリサイクルシステムの開発」, 東北大学エネルギーシンポジウム-東北大学が描くGX-, 東北大学青葉山新キャンパス, 環境科学研究科本館, 仙台, 2023/10/2.	招待講演

招待講演 4 件
口頭発表 4 件
ポスター発表 1 件

VI. 成果発表等

(3) 特許出願【研究開始～現在の全期間】(公開)

①国内出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する外国出願※
No.1													
No.2													
No.3													

国内特許出願数 0 件

公開すべきでない特許出願数 0 件

②外国出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する国内出願※
No.1													
No.2													
No.3													

外国特許出願数 0 件

公開すべきでない特許出願数 0 件

VI. 成果発表等

(4) 受賞等【研究開始～現在の全期間】(公開)

①受賞

年度	受賞日	賞の名称	業績名等 (「〇〇の開発」など)	受賞者	主催団体	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
2022	2023/3/12	Best Presentation Award	Direct aqueous carbonation of dephosphorization slag with low energy input for CO2 sequestration and utilization	Hsing-Jung Ho (Tohoku University), Atsushi Iizuka (Tohoku University), and Hironari Kubo (Fukuoka Institute of Technology)	2023 The 7th International Conference on Green Energy and Applications (ICGEA2023)	1.当課題研究の成果である	国際学会での優秀発表賞

1 件

②マスコミ(新聞・TV等)報道

年度	掲載日	掲載媒体名	タイトル/見出し等	掲載面	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項

0 件

VI. 成果発表等

(5) ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等の活動【研究開始～現在の全期間】(公開)

① ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年度	開催日	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの招聘者数)	公開/ 非公開の別	概要
2021	11月4日	サイエンスアゴラ2021	日本(オンライン)	—	公開	JST主催のサイエンスアゴラ2021において、南アフリカ共和国大使館の企画である「資源循環型社会への変革～南アフリカでの取り組み: Toward a Zero-Waste Society through circular economy practices? a Case of South Africa」中で「脱炭素社会に向けた炭酸塩化を利用したカーボンリサイクルシステムの開発」というタイトルで講演し、SATREPSプロジェクトの概要を説明した。
2023	7月25日	宮城県との情報交換	日本	20名(0名)	非公開	「塩基性副産物/廃棄物を利用した二酸化炭素や資源の循環」というタイトルで講演し、CRERプロジェクトについても紹介
2023	9月19日	THE 1ST WORKSHOP: Greenhouse gas (GHG) accounting methodology using a mineral carbon capture and utilisation technology (MCC&U)	ハイブリッド開催 (南ア現地 /online)	22名(17名)	公開	MCC&U技術の概要と同技術によるCO2排出削減量の算出方法論について、主に南アのセメント産業向けに説明を行い、議論を行った。
2023	9月26日	山形県立山形南高等学校 令和5年度第2学年 大学出張講義	日本	162名(0名)	公開	「二酸化炭素と資源の循環、環境浄化に関する研究」というタイトルで高校生に対して出張講義を行い、SATREPSプロジェクトの内容についても説明を行った。
2023	10月2日	東北大学エネルギーシンポジウム「東北大学が描くグリーン・トランスフォーメーション エネルギー価値学が導く持続可能な未来への成長戦略」	日本	約80名(0名)	公開	「南アフリカにおける炭酸塩化を利用したカーボンリサイクルシステムの開発」(飯塚先生)
2023	10月26日	サイエンスアゴラ2023	日本(オンライン)	—	公開	吉川業務調整員の発表
2023	11月10日	仙台市との情報交換	日本	20名(0名)	非公開	「塩基性副産物/廃棄物を利用した二酸化炭素や資源の循環」というタイトルで講演し、CRERプロジェクトについても紹介

7 件

② 合同調整委員会(JCC)開催記録(開催日、議題、出席人数、協議概要等)

年度	開催日	議題	出席人数	概要
2021	1月27日	キックオフミーティング	31	南アフリカ共和国でのJICAプロジェクト期間を開始するため、キックオフミーティングを開催した。本プロジェクトの概要やスケジュールの確認等がなされ、プロジェクトの名称(CRERプロジェクト)が報告された。また、参加者でプロジェクトリーダーヘッドを投票で決定し、プロジェクトの基本イメージを決定した。会議の結果、本プロジェクトを開始し、関係機関各位がプロジェクトの成功に向けて密に協力していくことが合意された。
2022	2月17日	プロジェクトの概要、スケジュールの再確認、進捗と今後の展開	22	詳細はJCCの議事録等を参照のこと
2023	3月13日	プロジェクトの概要、スケジュールの再確認、進捗と今後の展開	28	詳細はJCCの議事録等を参照のこと

3 件

成果目標シート

研究課題名	脱炭素社会に向けた炭酸塩化を利用したカーボンリサイクルシステムの開発
研究代表者名 (所属機関)	飯塚 淳 (国立大学法人 東北大学)
研究期間	R2採択(令和2年8月1日～令和8年3月31日)
相手国名/主要相手国研究機関	南アフリカ共和国/ケープペニンシュラ工科大学, 他大学(UCT, UWC), 研究所(Council for Geoscience)
関連するSDGs	目標13. 気候変動及びその影響を軽減するための緊急対策を講じる 目標12. 持続可能な生産消費形態を確保する 目標9. レジリエントなインフラを整備し、包摂的で持続可能な産業化を推進するとともに、イノベーションの拡大を図る

成果の波及効果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> 地球規模の気候変動枠組みへの活用 コンクリート廃棄物等を再利用することで、循環型社会の構築に貢献し、廃棄物処理場を延命する 日本の産学連携による成果の事業化
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> セメント産業を軸としたカーボンリサイクルシステムの確立(リサイクル工学、資源循環工学の発展) 各種廃棄物を利用した途上国に即する地球温暖化対策技術(CO₂の吸収・固定)の確立(環境学の発展)
知財の獲得、国際標準化の推進、遺伝資源へのアクセス等	<ul style="list-style-type: none"> カーボンリサイクル技術のプロセス・手法・装置 廃棄物の再資源化に係る新規プロセス・手法・装置 地球温暖化対策に係る新規プロセス・手法・装置 プロセス副生成物を利用した環境浄化材・環境浄化方法
世界で活躍できる日本人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> 持続可能な社会構築のための循環経済の事例を世界に発信することのできる日本の若手研究者を育成(国際会議に参加、レビュー付雑誌への論文掲載など)
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> MCC技術を途上国に普及するための国際的なネットワークを構築 南アフリカ国内で関連業界の技術ネットワークを構築
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	<ul style="list-style-type: none"> カーボンリサイクル、廃棄物の再資源化、地球温暖化対策、環境浄化に関する学術論文 各種塩基性廃棄物に関する炭酸化反応データセットなど

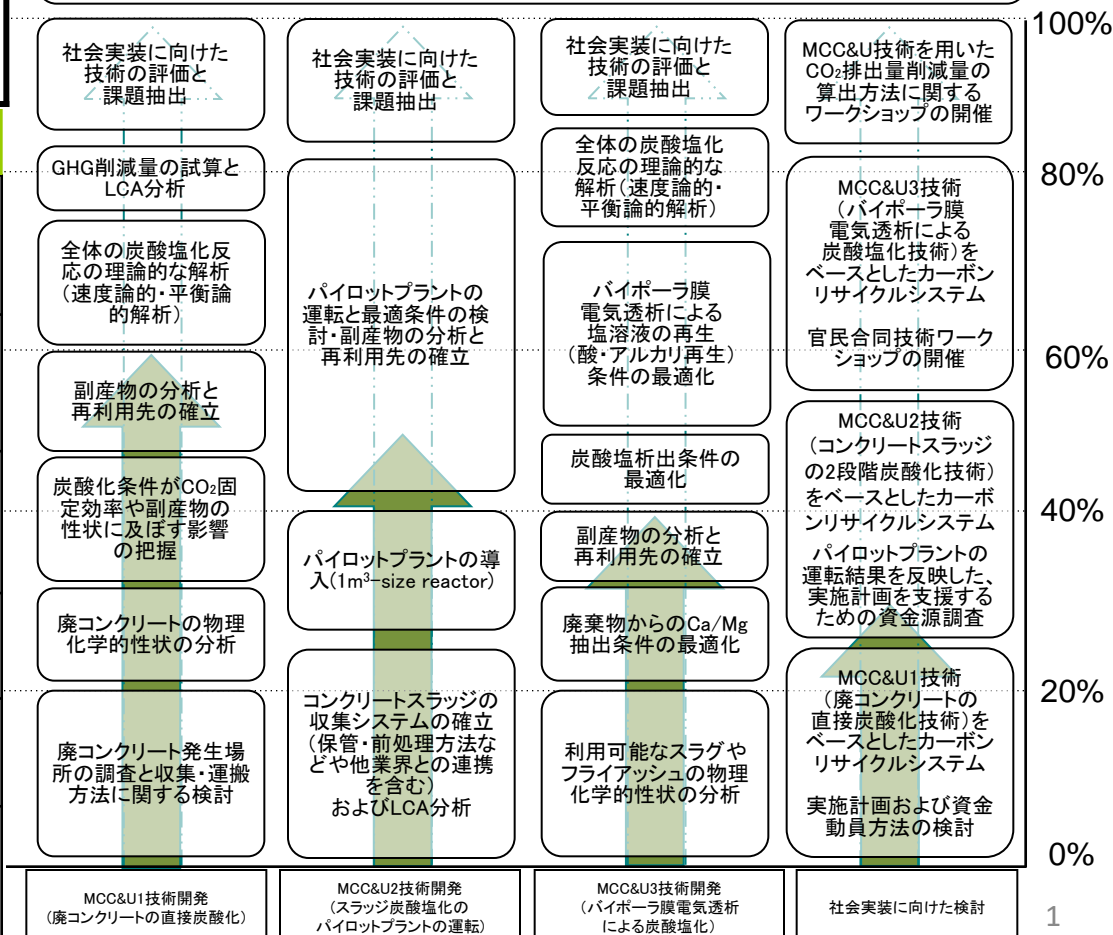
上位目標

- 提案技術(MCC&U)が、南アフリカをはじめ、他の途上国において広く実装され、脱炭素を目指す循環経済の下でカーボンリサイクルシステムを構築する
- 技術開発を通じた我が国のGHG削減努力への貢献度の拡大

南アフリカ共和国のセメント産業が、循環経済の活動の一つとして、提案技術(MCC&U)を導入し、カーボンリサイクルシステムによる脱炭素社会の構築に貢献する

プロジェクト目標

セメント産業におけるプロセス由来のCO₂排出削減に向けて、MCC&U技術を核とした5つ以上の資源・CO₂循環ループで構成されるカーボンリサイクルシステムを開発する



100%
80%
60%
40%
20%
0%
1